УДК 338.24:004(075.8)

МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВО НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА

И.В. Юрьева

Томский политехнический университет
E-mail: ivyurieva@rn-ntc.ru

Изложен метод, который включает в себя определение перечня приоритетных для региона критических технологий и инновационных предприятий, оценку инвестиционных рисков на различных стадиях производства наукоемкой продукции, расчет дисконтированного дохода и цены рисков, решение задачи оптимального распределения инвестиций по видам продукции и предприятиям.

Введение

Современные тенденции развития науки и техники свидетельствуют о том, что экономическое состояние отдельных регионов и страны в целом во многом зависит от степени внедрения инновационных технологий. Эти технологии позволяют за короткие сроки организовать выпуск продукции с принципиально новыми потребительскими свойствами и таким образом на длительное время сохранить ее конкурентоспособность [1].

Вместе с тем изменилось отношение бизнеса к инновационным технологиям. Он наряду с государством готов финансировать их разработку и внедрение [2]. Однако в отличие от государства, которое, оказывая в различных формах поддержку инновационным предприятиям, пытается решить целый комплекс социально-экономических проблем (подготовка научных кадров, создание дополнительных рабочих мест, развитие регионов), бизнес вкладывает деньги в производство наукоемкой продукции для получения прибыли.

С учетом этих обстоятельств, представляется целесообразным разработать некоторый метод анализа результатов инновационной деятельности предприятий региона и с его помощью сформировать инвестиционный портфель, содержащий наиболее перспективные с экономической точки зрения инновационные технологии.

Схема финансирования производства инновационной продукции

Процесс производства инновационной продукции (технических изделий, систем и технологий различного назначения) можно представить последовательностью 4-х стадий: завершение НИОКР, опытное производство, мелкосерийное производство, промышленное производство. При этом каждой стадии соответствует определенное состояние продукции: опытный образец, опытная партия, серийная или промышленная продукция. Схема финансирования инновационной продукции на различных стадиях ее производства представлена на рис. 1.

Важным моментом, определяющим эффективность инвестиций, является выбор технологии, в рамках которой планируется организация производства инновационной продукции.

В настоящее время правительством РФ утвержден перечень приоритетных направлений развития науки и техники, получивших название «Перечень критических технологий РФ» [3]. Этим перечнем правительство РФ определило основные направления работ по созданию и развитию инновационных технологий на федеральном уровне.

В свою очередь степень развития в регионе инновационных технологий зависит от множества факторов, таких как присутствие в регионе вузов и организаций РАН, осуществляющих подготовку

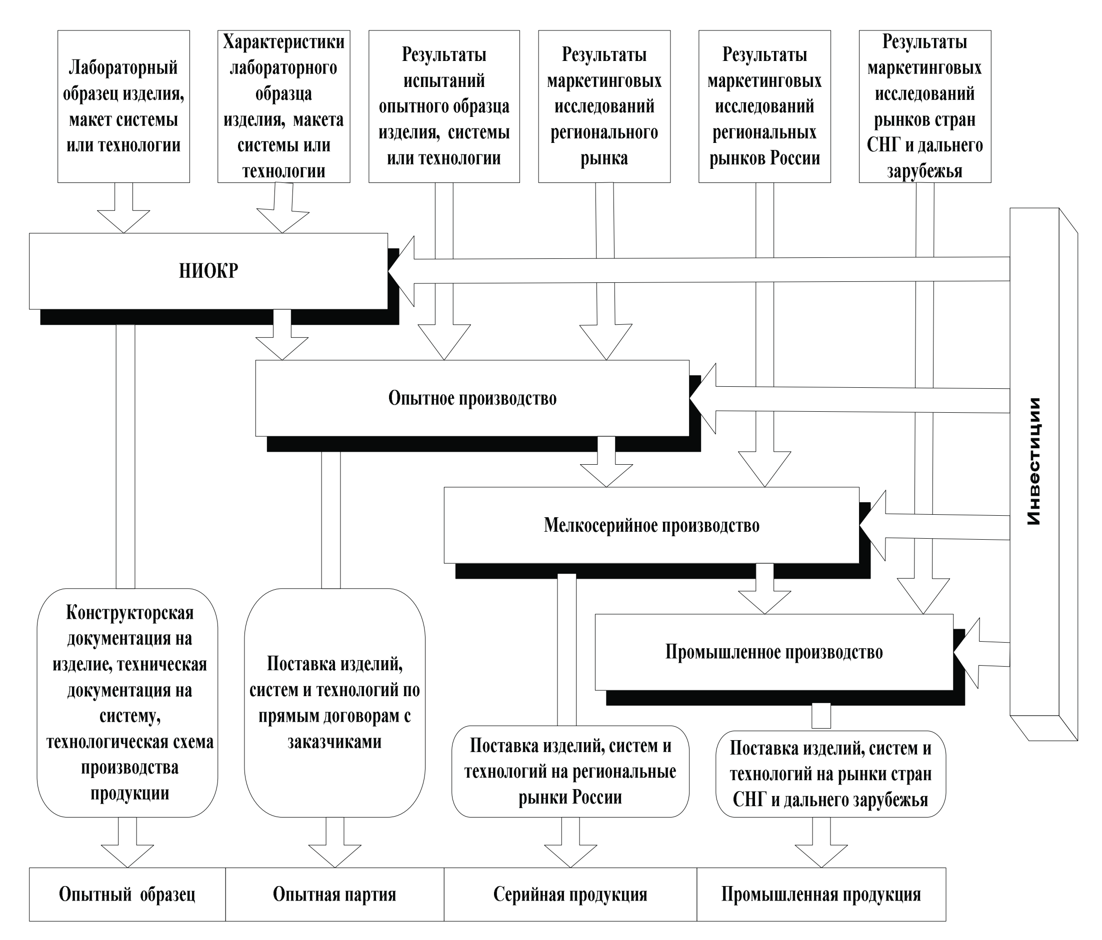


Рис. 1. *Схема финансирования производства инновационной продукции*

научных кадров и выполняющих научные исследования, количества инновационных предприятий и многообразия направлений их деятельности, наличия в регионе предприятий и организаций, которые являются потребителями этой продукции и которые способны оказать финансовую поддержку профильным инновационным предприятиям [4, 5].

Матрица инновационного потенциала региона

При планировании инвестиций в производство наукоемкой продукции необходимо оценить инновационный потенциал региона. Решение этого вопроса можно осуществить следующим образом.

Устанавливается соответствие между перечнем критических технологий федерального уровня и организациями региона, выполняющими научные исследования и подготовку научных кадров по этим технологиям, инновационными предприятиями региона, выпускающими наукоемкую продукцию, и потребителями этой продукции в регионе, других регионах России, странах ближнего и дальнего зарубежья.

В результате этих действий формируется матрица инновационного потенциала региона (МИПР), которая содержит только те критические технологии, по которым в регионе ведутся разработка и производство наукоемкой продукции, т. е. в регионе присутствуют профильные инновационные предприятия. В частности, при формировании МИПР Томской области на основе данных, приведенных в [5], в ее состав вошли 72 критические технологии из 243 технологий федерального уровня. Фрагмент МИПР представлен на рис. 2.

Для Томской области в группу значимых для развития региона и привлекательных для инвестора критических технологий вошли: технологии живых систем (18 технологий, 40 инновационных предприятий), экология и рациональное природопользование (12 технологий, 23 инновационных предприятия), новые материалы и химические технологии (12 технологий, 17 инновационных предприятий), топливо и энергетика (10 технологий, 19 инновационных предприятий), производственные технологии (8 технологий, 20 инновационных предприятий), информационно-телекоммуникационные технологии и электроника (8 технологий, 17 инновационных предприятий), транспорт (4 технологии, 4 инновационных предприятия).

Риски финансирования производства инновационной продукции

Задачей следующего этапа является определение перечня инвестиционных рисков, которые могут проявляться на различных стадиях производства

<table>
<tr><td colspan="6">НАИМЕНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ</td></tr>
<tr><td colspan="6">Наименование раздела в направлении</td></tr>
<tr><td rowspan="3">№ п/п</td><td rowspan="3">№ подраздела</td><td rowspan="3">Наименование критической технологии</td><td colspan="2">Инновационное предприятие</td><td>Область применения</td></tr>
<tr><td>Вид и назначение продукции</td><td>Назначение и объем инвестиций (НИОКР, опытное производство, мелкосерийное производство, промышленное производство)</td><td rowspan="2">Предполагаемый объем спроса</td></tr>
<tr><td>Состояние разработки (НИР, опытный образец, серийный образец, промышленный образец)</td><td>Сроки окупаемости инвестиций</td></tr>
<tr><td colspan="6">..............</td></tr>
<tr><td colspan="6">2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</td></tr>
<tr><td colspan="6">2.4. Оценка, комплексное освоение месторождений и глубокая переработка стратегически важного сырья</td></tr>
<tr><td rowspan="3">39</td><td rowspan="3">2.4.2</td><td rowspan="3">Высокоэффективные технологии оценки и комплексного освоения стратегических полезных ископаемых на основе автоматизированного геофизического, бурового, горно-обогатительного и аналитического оборудования, а также современных информационно-измерительных систем</td><td colspan="2">КБ "Радар" Томского университета систем управления и радиоэлектроники</td><td>Нефтяная и газовая промышленность</td></tr>
<tr><td>Видеоимпульсный георадиолокатор для инженерно-геологических изысканий (георадар)</td><td>Для разработки проекта требуется 40 тыс. $. Для завершения НИОКР и изготовления опытной партии требуется 2 года и 600 тыс. $. Для организации мелкосерийного производства требуется 500 тыс. $.</td><td rowspan="2">Потребность 100 приборов в год. При средней стоимости 15 тыс. $ за прибор объем реализации составит 1,5 млн $.</td></tr>
<tr><td>НИР</td><td>Срок окупаемости 3 года</td></tr>
</table>

Рис. 2. *Фрагмент матрицы инновационного потенциала региона*

инновационной продукции: НИОКР, опытное, мелкосерийное, промышленное производство.

Анализ состояния и основных направлений развития инновационных технологий в Томской области позволил определить следующий состав инвестиционных рисков: инновационные, инжиниринговые, маркетинговые, финансовые, производственные и юридические.

Инновационные риски возникают на этапе выбора инновационной технологии и предприятия, которые предполагается инвестировать. В начале стадии «НИОКР» вероятность проявления этих рисков имеет максимальное значение, близкое к 1, к окончанию стадии «промышленное производство» достигает значения, равного 0.

Инжиниринговые риски связаны с ошибками в проектировании технических изделий и систем, а также получением недостоверных данных при испытании их опытных образцов. Вероятность проявления этих рисков имеет значение, близкое к 1, в начале стадии «опытное производство» и становится равным 0 в конце стадии «промышленное производство».

Маркетинговые риски определяются ошибками в оценке емкости рынка и установлении цен на инновационную продукцию. В начале стадии «опытное производство» вероятность проявления этих рисков имеет минимальное значение, близкое к 0, которое возрастает до среднего значения на стадии «мелкосерийное производство» и достигает максимального значения, близкого к 1, к середине стадии «промышленное производство», а затем уменьшается к концу этой стадии до 0.

Финансовые риски характеризуют риски колебания покупательской способности денег, вызванных инфляцией, расчетами в валюте при покупке комплектующих иностранного производства, изменением процентных ставок. Вероятность проявления этих рисков изменяется аналогично маркетинговым рискам.

Производственные риски охватывают все стадии производства инновационной продукции и включают в себя риски невыполнения поставщиком договорных обязательств по поставке необходимого оборудования, материалов или комплектующих, задержки сроков ввода оборудования в эксплуатацию, выпуска продукции, не соответствующей стандартам качества. Изменение вероятности проявления этих рисков происходит аналогично маркетинговым рискам.

Юридические риски определяются тем, что в течение всего периода производства инновационной продукции существует риск изменения налогового законодательства федерального и регионального уровней. Характер изменения вероятности проявления этих рисков по стадиям производства инновационной продукции соответствует маркетинговым рискам.

Значимость для инвестора каждого из приведенных рисков определяется видом инновационной продукции, предсказуемостью риска, сложностью его минимизации, а также влиянием на экономические показатели. Если планируется выпуск технических изделий, систем или технологий, что потребует значительных инвестиций на организацию производства, то важную роль играют произ-

водственные риски. При выпуске инновационной продукции, основную часть которой составляет интеллектуальный продукт, например, программное обеспечение, в первую очередь следует учитывать инжиниринговые риски. Вместе с тем маркетинговые риски оказывают существенное влияние на экономическую эффективность производства инновационной продукции независимо от ее вида.

Как правило, инвестирование осуществляется на основе бизнес-плана, который содержит расчет дисконтированного дохода в течение всего периода производства инновационной продукции. В этом случае появляется возможность определения цены риска для каждой стадии ее производства. При этом под ценой риска следует понимать величину поправки на риск неполучения предусмотренных бизнес-планом доходов. Предлагаемый подход к определению цены риска заключается в следующем.

Период производства инновационной продукции, который содержится в бизнес-плане, разбивается на отдельные стадии: НИОКР, опытное, мелкосерийное, промышленное производство и для каждой стадии задаются вероятности проявления инновационных, инжиниринговых, маркетинговых, финансовых, производственных и юридических рисков. Характер изменения вероятностей проявления этих рисков по стадиям производства был описан ранее.

На следующем этапе в зависимости от вида инновационной продукции задаются коэффициенты значимости рисков для инвестора таким образом, чтобы их сумма была равна 1, а значение каждого коэффициента было больше 0 и меньше 1.

Для определения вероятностей проявления рисков и коэффициентов их значимости на различных стадиях производства продукции используются методы экспертных оценок. В связи с тем, что к экспертизе инновационных технологий, как правило, привлекаются авторитетные ученые и специалисты, то для этих целей целесообразно использовать метод индивидуальной оценки «Дельфи» [6].

Для интегральной оценки всей совокупности инвестиционных рисков, возникающих на i-ой стадии производства инновационной продукции, вводится величина S_i – степень рисков, которая вычисляется по следующему выражению:

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} P_{ij} k_j \leq 1,$$

где: P_{ij} – вероятность проявления j-го риска на i-ой стадии производства инновационной продукции, k_j – коэффициент значимости j-го риска для инвестора, i=1,2,...,m, j=1,2,...,n, m – количество стадий, n – количество рисков.

В общем случае степень рисков S_i можно интерпретировать как вероятность проявления на i-ой стадии производства инновационной продукции хотя бы одного из n рисков с учетом их значимости для инвестора.

Анализ существующих работ по оценке эффективности инвестиционных проектов свидетельствует о том, что вложения в исследования и инновации имеют очень высокий риск, цена которого может составлять 20 % от планируемых доходов, т. е. от накопленного дисконтированного потока наличности. Если принять, что эта цена риска соответствует максимальному значению степени риска, то для каждой i-ой стадии производства можно вычислить цену риска Z_i, значение которой пропорционально соответствующему значению S_i. Результаты расчета цены риска (в процентах) для различных стадий производства инновационной продукции производственного назначения на основе данных, принятых для видеоимпульсного георадиолокатора (рис. 2), приведены в табл. 1.

Таблица 1. *Результаты расчета цены риска для различных стадий производства инновационной продукции*

Стадии производства продукции		Вероятности проявления рисков						S_i	Z_i
		Ин-нов.	Ин-жин.	Марк.	Фи-нан.	Про-из.	Юрид.		
1	НИОКР	0,9	0,9	–	–	–	–	0,27	8
2	Опытное производство	0,8	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,38	12
3	Мелкосерийное производство	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,50	16
4	Промышленное производство	0,2	0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,62	20
Коэффициенты значимости рисков для инвестора		0,1	0,2	0,35	0,1	0,2	0,05	1	1

Задача оптимального планирования инвестиций

Задача оптимального планирования инвестиций в производство наукоемкой продукции может быть сформулирована следующим образом:

$$\max NPV^* = \sum_{t=1}^{l} NPV_t^* X_t,$$

при ограничениях:

$$\sum_{t=1}^{l} C_t X_t \leq Q,$$

$$\sum_{t=1}^{l} Z_t X_t \leq D.$$

В этой задаче приняты следующие обозначения: NPV^* – общий дисконтированный доход от производства инновационной продукции, NPV_t^* – дисконтированный доход от производства t-го вида продукции, C_t – объем инвестиций в производство t-го вида продукции, Z_t – цена риска при производстве t-го вида продукции, Q – общий объем планируемых инвестиций, D – общая цена рисков (величина неполучения доходов в случае их проявления), переменная X_t=1, если t-ая продукция включена в состав инвестируемых, и X_t=0 в противном случае, t=1,2,...,l, l – количество видов продукции.

Данная задача относится к задачам целочисленного линейного программирования с двоичными переменными. Для решения этой задачи можно использовать метод Ньютона, который реализован в надстройке над Microsoft Excel «Поиск решения».

Таблица 2. *Характеристики продукции по направлению «Производственные технологии»*

№ п/п	Наименование продукции (инновационное предприятие)	Инвестируемые производства	C_t (тыс. $)	R_t (годы)	NPV_t^* (тыс. $)	Z_t (тыс. $)
1	Видеоимпульсный георадиолокатор (КБ "Радар" ТУСУР)	Мелкосерийное производство	1140,0	3	380,0	60,8
2	Вакуумная установка ДУЭТ (ИСЭ СО РАН)	Опытное производство	1200,0	1,5	2000,0	240,0
3	Вакуумная установка ВНУК - 3 (ИСЭ СО РАН)	Мелкосерийное производство	420,0	3	140,0	22,4
4	Технология порошковой металлургии (ИСЭ СО РАН)	Мелкосерийное производство	1530,0	3	510,0	81,6
5	Комплекс упрочняющих технологий (ИСЭ СО РАН)	Мелкосерийное производство	130,0	2	130,0	20,8
6	Оборудование для нанесения покрытий (ИФПМ СО РАН)	Мелкосерийное производство	4500,0	2	4500,0	720,0
7	Технологии нанесения покрытий (СФТИ при ТГУ)	Опытное производство	40,0	2	40,0	4,8
8	Цифровой манометр ОЦМ-1 (Зап.-Сиб. фил. РГУ)	Опытное производство	90,0	1	270,0	32,4
9	Шлифовальное оборудование (ООО "Сибэко")	Опытное производство	650,0	2	650,0	78,0

Формирование оптимального инвестиционного портфеля осуществляется на основе МИПР, которая содержит такие характеристики каждого t-го вида инновационной продукции как состояние разработки и инвестируемая стадия ее производства, объем инвестиций C_t и сроки окупаемости R_t. При этом можно вычислить средний дисконтированный доход NPV_t в год, если разделить объем инвестиций C_t на сроки окупаемости R_t. Тогда накопленный дисконтированный доход NPV_t^*, получаемый инвестором, рассчитывается умножением среднего дисконтированного дохода NPV_t на число лет, прошедших с момента окупаемости инвестиций. Цена риска Z_t определяется в процентах от накопленного дисконтированного дохода NPV_t^* и зависит от стадии производства.

Особенности решения задачи формирования оптимального инвестиционного портфеля представляется целесообразным рассмотреть на примере направления «Производственные технологии» МИПР Томской области. Основные характеристики продукции этого направления приведены в табл. 2. При этом принимается условие, что производство продукции будет осуществляться в течение 4-х лет и в объем NPV_t^* не будут включены доходы, полученные за время окупаемости инвестиций. Кроме того, цена рисков Z_t зависит от стадии производства и определяется на основе данных, которые содержатся в табл. 1.

Таблица 3. *Варианты решения задачи оптимального распределения инвестиций по направлению «Производственные технологии»*

№ п/п	Наименование продукции (инновационное предприятие)	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
		C_1=4000,0	C_2=4000,0	C_3=4000,0
		Z_1=200,0	Z_2=400,0	Z_3=600,0
1	Видеоимпульсный георадиолокатор (КБ "Радар" ТУСУР)	1	0	1
2	Вакуумная установка ДУЭТ (ИСЭ СО РАН)	0	1	1
3	Вакуумная установка ВНУК - 3 (ИСЭ СО РАН)	1	1	1
4	Технология порошковой металлургии (ИСЭ СО РАН)	0	0	0
5	Комплекс упрочняющих технологий (ИСЭ СО РАН)	0	1	1
6	Оборудование для нанесения покрытий (ИФПМ СО РАН)	0	0	0
7	Технологии нанесения покрытий (СФТИ при ТГУ)	1	1	1
8	Цифровой манометр ОЦМ-1 (Зап.-Сиб. фил. РГУ)	1	1	1
9	Шлифовальное оборудование (ООО "Сибэко")	1	1	1
Результаты решения задачи		C_1^*=2340,0	C_2^*=2530,0	C_3^*=3670,0
		Z_1^*=198,4	Z_2^*=398.4	Z_3^*=459,2
		NPV_1^*=1480,0	NPV_2^*=3230,0	NPV_3^*=3610,0
		E_1=0,6	E_2=1,3	E_3=1,0

Результаты решения задачи по направлению «Производственные технологии» приведены в табл. 3. Решение осуществлялась для трех вариантов, когда общий объем инвестиций C оставался неизменным, а цена рисков Z составляла 5, 10 и 15 % от C.

Оценка эффективности инвестиций при различных вариантах задания цены рисков Z выполнялась на основе нормы прибыли E, которая рассчитывается путем деления NPV^* на требуемый объем инвестиций C^*. Полученные значения нормы прибыли E свидетельствуют о том, что наиболее предпочтительным для инвестирования является 2-ой вариант.

Заключение

Таким образом, изложенный метод позволяет сформировать матрицу инновационного потенциала региона, оценить инвестиционные риски на различных стадиях производства наукоемкой продукции и решить задачу оптимального распределения инвестиций по видам продукции и предприятиям с учетом дисконтированного дохода и цены рисков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трифилова А.А. Управление инновационным развитием предприятия. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 176 с.
2. Фридлянов В. Критические технологии / Интервью заместителя министра образования и науки РФ Владимира Фридлянова // Экономика и образование сегодня. – 2004. – № 12. – С. 5–7.
3. Состав критических технологий федерального уровня. Новости ИСЭ СО РАН. – Электрон. дан. – Томск, 2004. – Режим доступа: http://www.hcei.tsc.ru/_arjnews.shtml/ свободный. – Загл. с экрана.
4. Алехина Г.А., Захарова А.А., Чекунов А.Ю. Прогнозирование региональной потребности в высококвалифицированных кадрах // Теоретические проблемы экономической безопасности России в XXI веке. Экономика России в XXI веке: Труды Всеросс. научно-практ. конф. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – С. 92–97.
5. Электронный каталог инновационных предприятий г. Томска и Томской области [Электронный ресурс]: база данных ТМДЦ «Технопарк» содержит сведения о 52 инновационных предприятиях г. Томска и Томской области. – Электрон. дан. – Томск, 2003. – Режим доступа: http://www.t-park.ru/ свободный. – Загл. с экрана.
6. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. – М.: Прогресс, 1970. – 270 с.

УДК 338.24:004(075.8)